

引用格式: 罗安华, 李 福, 刘慧鹏, 等. 羊拉铜矿江边矿段地球物理特征及找矿方向[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(13): 33-40

Luo Anhua, Li Fu, Liu Huipeng, et al. The geophysical characteristics and prospecting direction of the Yangla copper deposit riverside ore section[J]. Science Technology and Engineering, 2019, 19(13): 33-40

羊拉铜矿江边矿段地球物理特征及找矿方向

罗安华¹ 李 福¹ 刘慧鹏² 刘邦俊²

(云南省水利水电勘测设计研究院¹, 昆明 650021; 中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司², 昆明 650051)

摘 要 分析矿山岩(矿)体物性特征,在江边矿段开展EH4、激电测深、高精度磁测及井中激电工作,分析不同物探方法的异常特征,不同物探方法成果互相验证,互相补充。研究综合物探异常,推测花岗岩岩体在深部形成近南北向的岩脊,布置验证钻孔ZKJ2-4、ZKJ2-4在推测矽卡岩型硫化矿位置揭露了1层矽卡岩型铜矿体和1层低品位铜矿体,结合ZKJ2-4和井中激电成果进一步分析,提出下步找矿方向为ZKJ2-4东面的岩体凹陷带可勘查矽卡岩型铜矿体,ZKJ2-4西面可勘查铅锌矿。综合物探在江边矿段取得良好的勘探效果,方法组合可在类似矿床推广应用。

关键词 羊拉铜矿 地球物理特征 找矿方向 综合物探

中图法分类号 P631; 文献标志码 A

羊拉铜矿位于迪庆州羊拉乡,由里农矿段、路农矿段和江边矿段组成,不少学者对羊拉铜矿构造控矿特征^[1]、控矿因素和矿体分布特征^[2]、花岗闪长岩体锆石 U-Pb 年龄,矿体辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义^[3]、矿床同生沉积叠加岩浆作用的地质特征^[4]、羊拉铜矿里农矿段与路农矿段接合部找矿方向^[5]的深入研究主要是针对里农矿段、路农矿段和里农与路农矿段结合部,本人于2013年曾在里农与路农矿段结合部进行物探方法试验研究^[6],提出高频大地电磁法与激电测深的物探方法组合可作为勘探手段,对于矽卡岩型铜矿床而言,高频大地电磁法和激电测深的方法组合相对单一,多方法组合具有更佳的勘探效果。综合物探方法在矿区外围^[7]、老矿山接替资源^[8]、金属和非金属矿产勘查^[9-12]、工程勘察^[13,14]及隐伏矿勘查^[15,16]均获得了丰硕的成果,因此,结合江边矿段矿体具有高磁、高充电率和中低电阻率特点,提出高精度磁测、高频大地电磁法、激电测深和井中激电的物探方法组合,作为江边矿段的首选物探方法组合。利用高精度磁测分析矽卡岩、氧化矿和矽卡岩型硫化矿的平面位置;利用高频大地电磁法分析花岗岩体侵入位置和轮廓线;利用激电测深预测氧化矿和矽卡岩型硫化矿的位置和埋深;验证物探成果后,利用井中激电预测矿体的空

间分布位置,确定下步工作方向。综合分析物探异常特征布设验证钻孔,物探成果与钻孔验证结果一致,高精度磁测、高频大地电磁法、激电测深和井中激电的物探方法组合获得了显著的成果,方法组合适合在矽卡岩型矿床勘探中推广应用。

1 矿区地质

1.1 地层

矿段出露地层包括第四系、第三系、石炭系和泥盆系地层,矿区地质图见图1。

第四系(Q):第四系冰积、冲积砂砾石及坡积、残坡积黏土、碎块。

第三系(E):第三系紫红色砾岩、砂岩。

石炭系(C):石炭系玄武岩。

泥盆系中上统里农组($D_{2+3}l$):分为三段。上段:浅灰色变质石英砂岩夹绢云板岩、灰色厚层状细晶大理岩和浅灰色砂质绢云板岩夹大理岩透镜体;中段:灰白色厚层状细-中晶大理岩;下段:浅灰绿色绢云砂质板岩夹变石英砂岩、厚层状透辉石砂卡岩夹变质砂岩、绢云板岩和浅灰-浅灰绿色变质石英砂岩。

泥盆系下统江边组(D_{1j}):分为三段。上段:浅灰白色中-厚层状细-中晶大理岩夹绢云砂质板岩、变质石英砂岩,顶、底板具砂卡岩化;中段:浅灰色变质石英砂岩、绢云砂质板岩、绢云石英片岩夹绢云绿泥片岩、角闪安山岩、大理岩透镜体;下段:浅灰白色薄层状大理岩夹斜长绿泥片岩,角闪安山岩,绢云石英片岩。

2018年12月9日收到

中国地质调查局地质调查
项目(12120113084400)资助

第一作者简介:罗安华(1984—),男,汉族,硕士,工程师。E-mail: 513449076@qq.com。

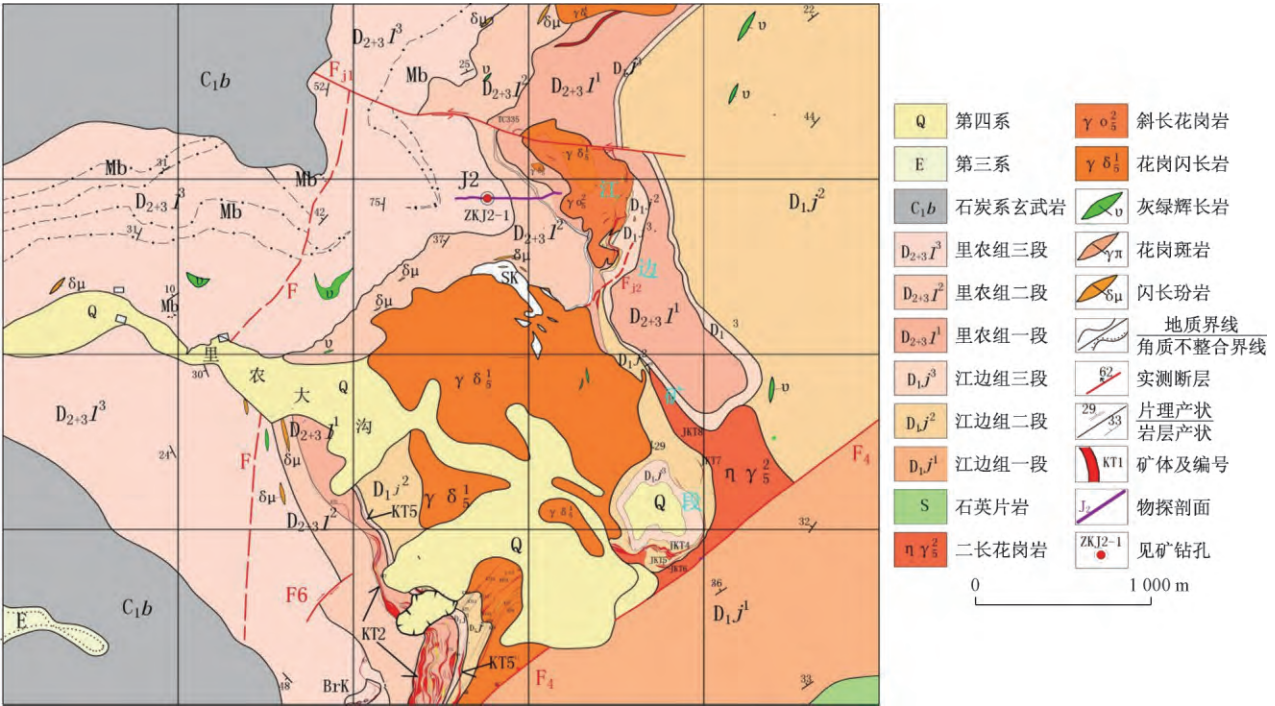


图1 江边矿段地质图

Fig. 1 The geologic map of riverside ore deposit

1.2 构造

矿段地处金沙江接合带,夹持于金沙江深大断裂与羊拉大断裂之间,区内断层、褶皱以及节理、裂隙构造发育。矿段断裂构造发育,矿段以F₄断层为主,F₄断层位于矿段南部,是矿段内规模最大的断层,走向北东,向东与金沙江断裂带相交,形成“入”字形分支断层,向西延伸出图外。区内长近6 km,断面北倾,倾向280°~340°,倾角42°~80°,向深部变陡,断面起伏。断层两盘地层错位,北盘地层东移,南盘西移,错距360~700 m。F₄断层具多期活动的特征,早期表现为平移,晚期上盘下降,下盘上升,为平移-张扭性正断层。

1.3 岩浆岩

矿段出露岩体有花岗闪长岩、玄武岩、辉绿辉长岩、黑云母二长花岗岩、闪长玢岩和二长花岗岩,其中花岗闪长岩与成矿有关。

1.4 围岩蚀变

围岩蚀变类型有:角岩化、矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化。蚀变矿物有透辉石、石榴石、绿泥石、透闪石、石英、绿帘石、绢云母、阳起石等。

2 地球物理特征

2.1 标本电性、磁性参数特征

江边矿段各类岩矿石标本电性、磁性特征统计见表1。

表1 岩(矿)石电性、磁性特征统计表

Table 1 The rock (ore) electrical parameters and magnetic characteristics statistics table

岩(矿)石名称	数量/件	$\bar{\rho} / (\Omega \cdot m)$	\bar{M}_1 / ms	$\bar{\kappa} / (4\pi \cdot 10^{-6} SI)$	$J_r / (10^{-3} A \cdot m^{-1})$
板岩	31	1 670	6.0	168	100
变质石英砂岩	14	5 180	13	139	42
大理岩	45	6 590	5.0	122	44
花岗闪长岩	45	4 965	5.4	133	39
玄武岩	18	3 854	10.1	183	110
砂卡岩	51	5 512	12.3	908	152
砂卡岩硫化矿	21	27	269.5	4 065	1 060
氧化矿	15	1271	50.5	250	58

注: ρ 为电阻率; M 为充电率; κ 为磁化率; J_r 为剩余磁化强度。

由表1可知,矿段砂卡岩硫化矿具有高磁、高充电率及低电阻率特征;氧化矿具有低磁、中高充电率级中等电阻率特征;砂卡岩具有中等磁性、低充电率及高电阻率特征;板岩、变质石英砂岩、大理岩、花岗闪长岩及玄武岩具有低磁、低充电率及高电阻率特征。

根据砂卡岩型矿床的特征分析,砂卡岩硫化矿为高磁、高充电率特征,矿体位于高低电阻率过渡带位置。

2.2 EH4剖面电阻率特征

J2剖面平面位置见图1,J2剖面EH4电阻率等值线图见图2。J2剖面EH4高-低电阻率特征分布

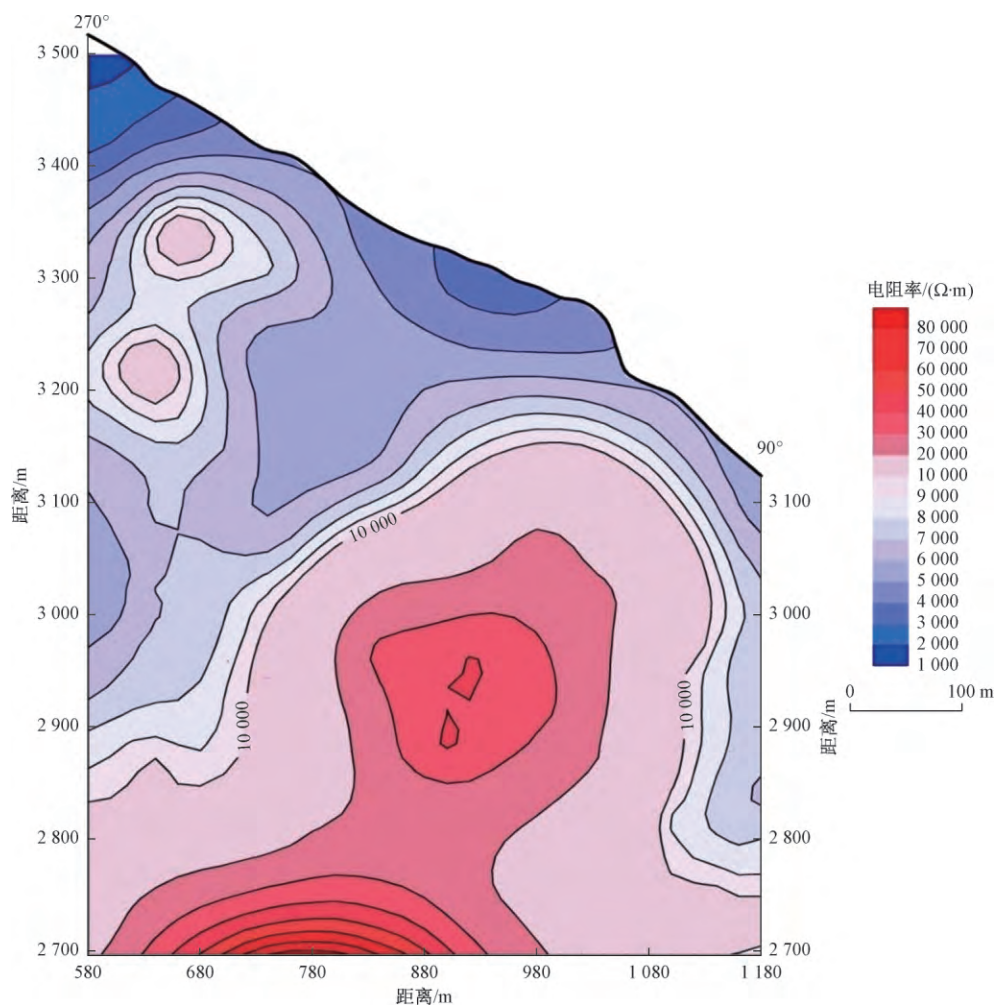


图2 EH4 电阻率等值线图

Fig. 2 The resistivity contour map of EH4

明显,剖面中部高电阻率较高,剖面两端电阻率较低,电阻率等值线形态清晰、规律性强。对整条 J2 剖面 EH4 电阻率断面图而言,引起深部的高电阻率场源体为花岗岩,岩体在剖面中间部位隆起,两端凹陷,剖面东面为出露岩体,高精度磁测异常 M3 位于 J2 剖面凹陷带东面。 $D_{2+3}l^3$ 和 $D_{2+3}l^2$ 地层的电阻率较低,推测引起 $D_{2+3}l^3$ 地层中高电阻率的场源体可能为大理岩; $D_{2+3}l^1$ 地层位于高-低电阻率过渡带位置;斜长花岗岩和花岗闪长岩表现为高电阻率特征。

2.3 高精度磁测特征

江边矿段高精度磁测 ΔT 等值线图见图 3。

矿段共获得 6 个明显的高精度磁测异常,编号 M1 ~ M6。总体为正负伴生的磁异常,各异常分布特征如下。

M6 异常: M6 以负异常为主,极小值为 -411.7 nT,走向长约 1100 m、宽约 270 m,呈北西向条带状展布于测区中部的 KT2 及 KT5 矿体之上,矿体与负异常对应, M6 为已知矿引起的异常。

M5 异常: M5 呈近东西向条带状分布于矿区中部, M5 以负异常为主,异常值在 $-25 \sim 200$ nT 之间,异常强度强。野外工作发现, M5 走向沿着高压线、工厂、铁管、村庄和堆矿区,推测 M5 为人为干扰引起的异常。

M3 和 M4 异常: M3 和 M4 为正负伴生的磁异常,正异常值在 $25 \sim 200$ nT 之间,负异常值在 $-50 \sim -200$ nT 之间,异常强度中等。M3 呈带状分布于矿区北部的印支期花岗闪长岩与燕山期斜长花岗岩岩体中, M4 正异常呈圆弧状沿印支期花岗闪长岩岩体外边沿分布。据现有地质资料和现场工作成果综合分析,推测 M3 和 M4 为岩体接触带矽卡岩型(或局部矽卡岩化)的铜矿床(体)引起。M3 位于岩体凹陷带内。

M1 和 M2 异常: M1 和 M2 位于矿区北东面,以正异常为主,正异常值在 $25 \sim 100$ nT 之间。M1 位于花岗闪长岩边部泥盆系中上统里农组一段, M2 位于泥盆系下统江边组一段。结合现有地质资料和

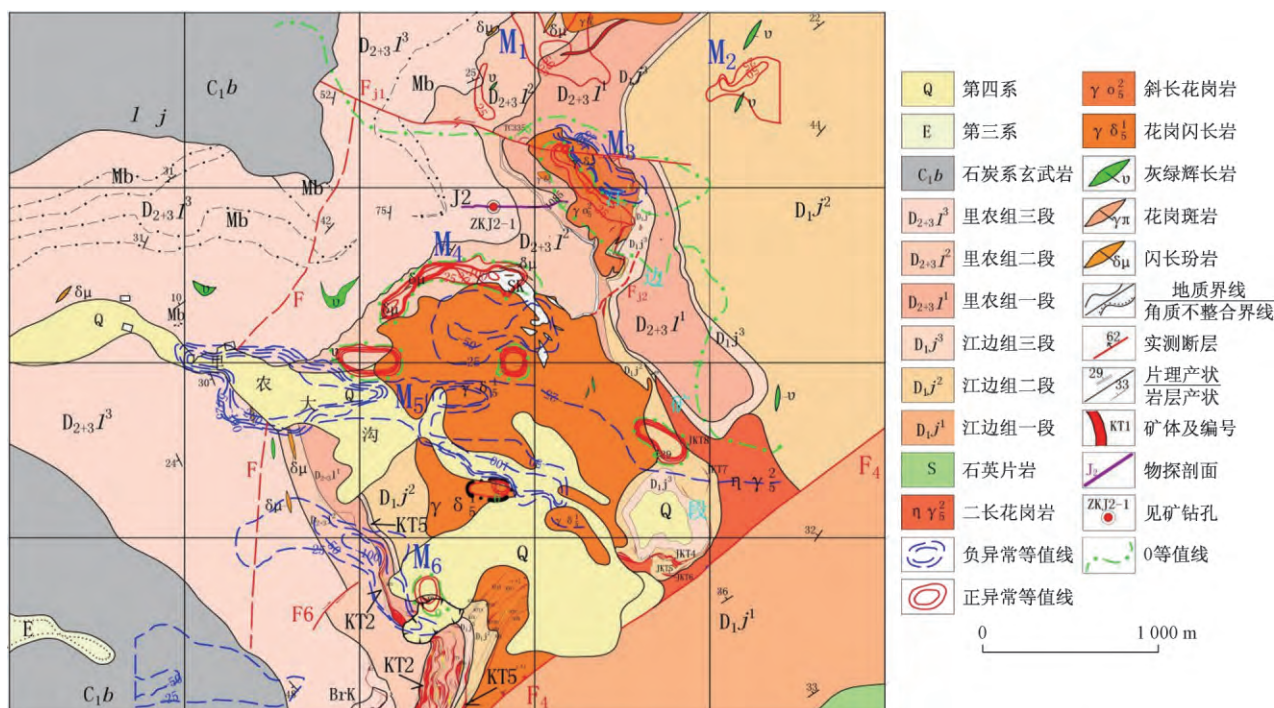


图3 高精度磁测等值线图

Fig. 3 The contour map of high precision magnetic survey

野外工作成果,暂时不能确定 M1 和 M2 异常的性质。

2.4 J2 线激电测深视充电率特征

江边矿段 J2 剖面位置见图 1, J2 线激电测深充电率断面图见图 4。区内海拔在高差在 2 520 ~ 3 960 m 之间,高差 1 440 m。

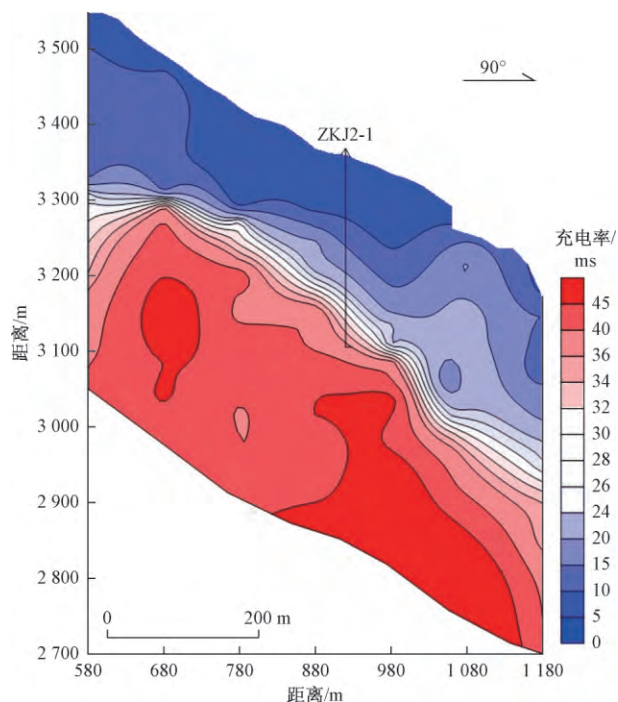


图4 激电测深充电率等值线图

Fig. 4 The charging rate contour map of IP sounding

由图 4 可知, J2 剖面高-低充电率明显,剖面浅部表现为低充电率,深部表现为高充电率,充电率极大值为 58 ms,说明剖面一定深部范围内存在硫化物矿(化)体。剖面深部出现 2 个充电率浓集中心,西浓集中心高程 3 000 ~ 3 200 m,与 EH4 中低电阻率对应;东浓集中心高程 2 800 ~ 3 050 m,异常倾向东。结合已有工作成果分析, J2 剖面东部高充电率异常位于岩体凹陷带, J2 剖面激电测深东、西高充电率异常与 EH4、高精度磁测和井中激电工作成果一致。

2.5 井中激电视充电率特征

总结江边矿段高精度磁测异常特征、EH4 剖面电阻率特征和激电测深视充电率特征,在 J2 测线布设验证钻孔 ZKJ2-1,利用 ZKJ2-1 开展井中激电工作,本次井中激电采用井中供电,地面观测的装置进行测量,供电电极位于井下 225 m,由钻孔岩心可知,该段岩心为花岗岩。ZKJ2-1 井中激电充电率等值线图见图 5。

分析 ZKJ2-1 井中激电充电率分布规律可知,激电测量区中部表现为近南北向条带状低充电率特征,充电率等值线低值带与 ZKJ2-1 验证的地质信息对应,为隆起岩体岩脊。东、西两端表现为高充电率特征,东部的高充电率位于岩体凹陷带部位,结合 EH4 和高精度磁测工作成果推测,东面高充电率为矽卡岩化铜矿体引起,标高在 2 800 ~ 3 000 m;供电点标高与西部激电测深高充电率浓集中心标高一

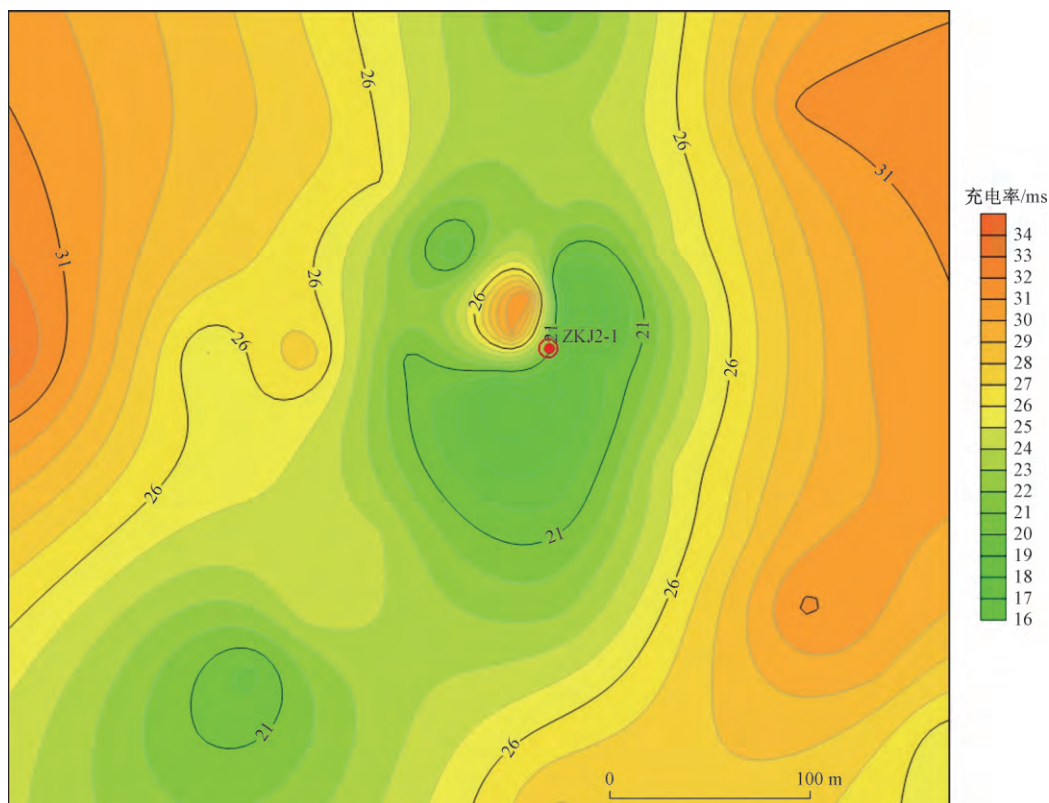


图5 井中激电充电率等值线图

Fig. 5 The charging rate contour map of IP in well

致推测 ZKJ2-1 西部, 标高 3 000 ~ 3 200 m 为成矿有利部位。

3 找矿方向

3.1 找矿标志

3.1.1 地质找矿标志

江边矿段为矽卡岩型矿床, 围岩蚀变主要有角岩化、矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化。蚀变矿物有透辉石、石榴石、绿泥石、透闪石、石英、绿帘石、绢云母、阳起石等。

3.1.2 地球物理找矿标志

矿段矽卡岩型铜矿具有高磁、高充电率和中-低电阻率的地球物理找矿特征; 矿段铅锌矿具有无磁、高充电率和低电阻率的地球物理找矿特征。

3.2 找矿方向

在江边矿段 J2 剖面东段花岗闪长岩外接触带发现较大规模的矽卡岩带, 局部具有一定的铜矿化, 与物探高精度磁测异常 M3 较为吻合, EH4 测量成果为低阻凹陷带, 激电测深成果为高充电率浓集中心, 综合分析矿段岩(矿)石物性参数和矿床成矿地质条件和特征, 推测 J2 剖面东段具有寻找矽卡岩型硫化矿的潜力。J2 剖面西段无高磁异常, EH4 测量成果为中低电阻率特征, 激电测深成果为高充电率

浓集中心, 综合分析矿段岩(矿)石物性参数和矿床成矿地质条件和特征, 与矿区铅锌矿物性特征相似, 推测 J2 剖面西段具有寻找铅锌矿的潜力。J2 剖面西段和东段预测靶区见图 6。

4 钻孔验证

综合分析各类岩(矿)石标本物性特征、高精度磁测异常特征、EH4 电阻率特征、激电测深充电率特征和矿床成矿地质条件, 在 J2 剖面布设 1 个验证钻孔(钻孔编号 ZKJ2-1, 平面位置见图 1, 剖面位置见图 6)验证物探工作成果。经钻孔验证 ZKJ2-1 揭露位置为隆起岩体的岩脊部位, 推测矽卡岩带位于高-低电阻率渐变带, 电阻率等值线断面图与钻孔实际地层信息对应, 推测矿(化)体位置揭露 2 层 Cu 矿体, 上层为真厚度 2.20 m, 平均品位 1.09% 的工业 Cu 矿体, 下层为真厚度 4.5 m, 平均品味 0.33% 的低品位 Cu 矿体。深部高电阻率由斜长花岗岩和花岗闪长岩引起。

5 结论

(1) 在江边矿段开展高精度磁测、EH4、激电测深和井中激电综合物探工作, 均取得了良好工作成果, 工作成果相互验证, 互相补充, 提高物探资料的

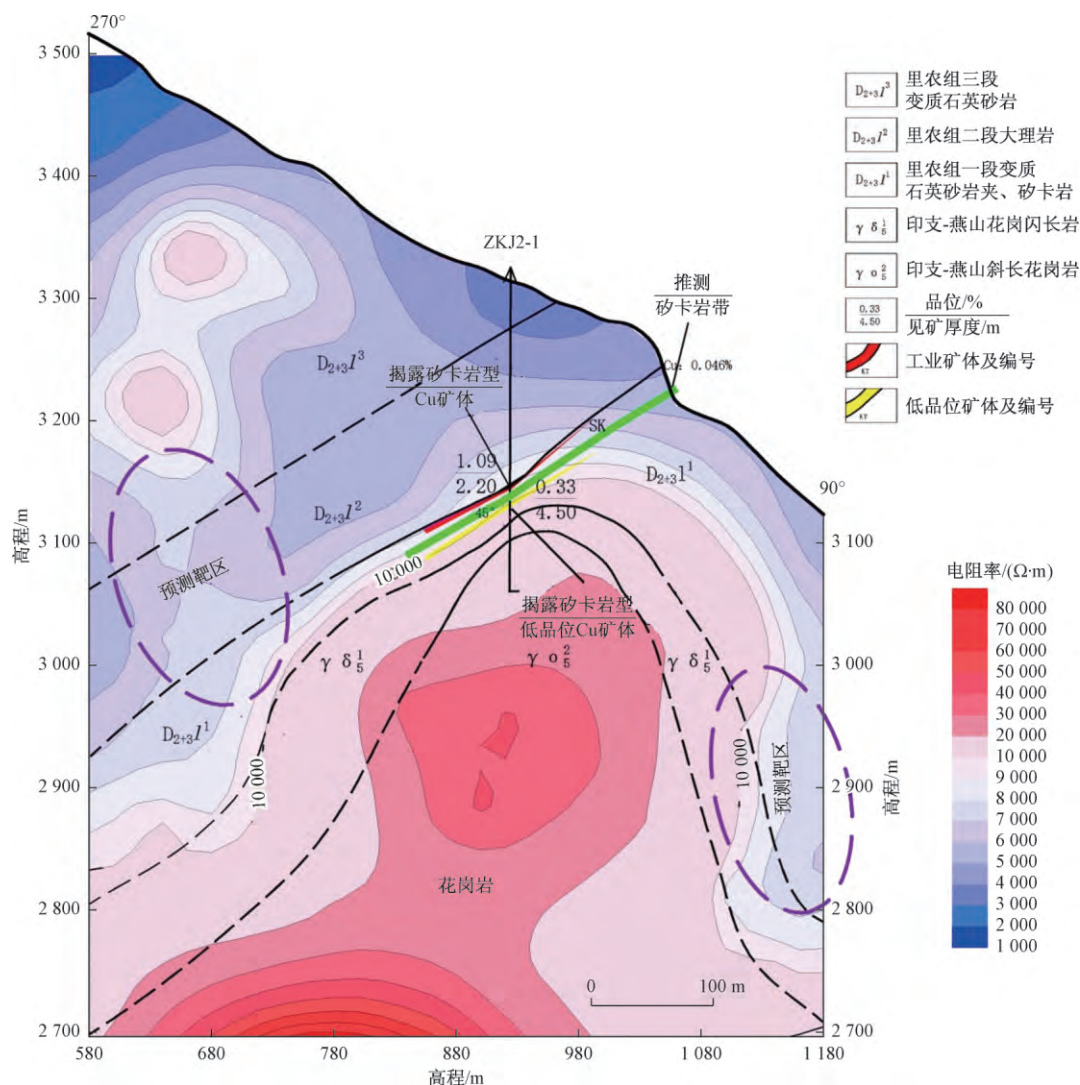


图6 J2线地质物探综合剖面图

Fig. 6 The comprehensive profile of geological and geophysical prospecting of J2

解译能力。

(2) 矿段中部岩体在深部(M4 对应岩体) 向北延伸, 形成近南北向隆起的岩脊, 岩脊东面与矿段中北部出露的岩体(M3 对应岩体) 为同一岩体, 形成一个岩体凹陷带。进一步开展井中激电工作后, 确定岩脊东西两侧均存在高充电体, 岩脊东面凹陷带表现为高充电率、低电阻率和高磁特征; 岩脊西面表现为无磁、高充电率和中低电阻率特征。

(3) EH4、激电测深、高精度磁测和井中激电工作在工作区取得良好找矿效果, 综合分析综合物探异常特征、矿床成矿地质条件和矿体产出特征, 提出矿区下步的找矿方向为 J2 剖面东段岩体凹陷带和西段无磁-高充电率-中低电阻率部位。

(4) 高精度磁测、EH4、激电测深和井中激电的方法组合在江边矿段地质找矿中成果显著, 方法组合可在类似矿床的地质找矿中推广应用。

参考文献

- 杨喜安, 刘家军, 韩思宇, 等. 滇西羊拉铜矿床、鲁春铜铅锌矿床构造控矿特征[J]. 大地构造与成矿学, 2012, 36(2): 248-258
Yang Xi'an, Liu Jiajun, Han Siyu, et al. Characteristics of ore-controlling structures in the Yangla copper deposit and Luchun Cu-Pb-Zn deposit, western Yunnan[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2012, 36(2): 248-258
- 杨德学, 刘月东, 杨光勇. 羊拉铜矿里农矿段控矿因素及矿体分布规律[J]. 云南地质, 2011, 30(4): 398-400
Yang Dexue, Liu Yuedong, Yang Guangyong. On the ore control factor and body distribution of Linong ore block of Yangla Cu orefield in Yunnan[J]. Yunnan Geology, 2011, 30(4): 398-400
- 杨喜安, 刘家军, 韩思宇, 等. 云南羊拉铜矿床里农花岗岩闪长岩体锆石 U-Pb 年龄、矿体辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2567-2576
Yang Xi'an, Liu Jiajun, Han Siyu, et al. U-Pb dating of zircon from the Linong granodiorite, Re-Os dating of molybdenite from the ore

- body and their geological significances in Yangla copper deposit ,Yunnan[J]. Acta Petrologica Sinica ,2011 ,27(9) : 2567-2576
- 4 董 涛,李文昌,曾普胜,等. 羊拉铜矿床同生沉积叠加岩浆作用的地质特征[J]. 甘肃冶金,2009 ,31(6) : 52-55
Dong Tao ,Li Wenchang ,Zeng Pusheng ,et al. Yangla copper deposit geological characteristics of synsedimentary superimposed magmatism[J]. Gansu Metallurgy ,2009 ,31(6) : 52-55
- 5 方中有,李 波,李红飞,等. 羊拉铜矿里农矿段与路农矿段接合部找矿方向[J]. 云南地质,2011 ,30(4) : 401-403
Fang Zhongyou ,Li Bo ,Li Hongfei ,et al. The ore cprospecting direction of conjunction part of Linong and Lunong ore block of Yangla Cu deposit [J]. Yunnan Geology ,2011 ,30(4) : 401-403
- 6 张 强,罗安华,刘慧鹏,等. 羊拉铜矿里农与路农结合部物探方法试验研究[J]. 科学技术与工程,2013 ,13(11) : 2923-2929
Zhang Tao ,Luo Anhua ,Liu Huipeng ,et al. The geophysical method research in the joint of Linong and Lunong of Yangla copper deposit [J]. Science Technology and Engineering , 2013 , 13 (11) : 2923-2929
- 7 杨晋伟,程志平. 综合物探方法在新疆某矿区外围勘探中的应用[J]. 工程地球物理学报,2009 ,6(1) : 82-87
Yang Jinwei ,Cheng Zhiping. Research on the geophysical of outer Xinjiang Wulunbulake mine [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics ,2009 ,6(1) : 82-87
- 8 柳建新,胡厚继,刘春明,等. 综合物探方法在深部接替资源勘探中的应用[J]. 地质与勘探,2006 ,42(4) : 71-74
Liu Jianxin ,Hu Houji ,Liu Chunming ,et al. Application of synthetic geophysical method on exploration of deep-seated resources [J]. Geology and Exploration ,2006 ,42(4) : 71-74
- 9 刘国辉,孙士辉,徐 晶,等. 综合物探方法在内蒙古东部某多金属矿勘查中的应用[J]. 工程地球物理学报,2011 8(1) : 55-60
Liu Guohui ,Sun Shihui ,Xu Jing ,et al. Application of integrated geophysical method to exploring one polymetallic deposit of eastern Inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics ,2011 , 8(1) : 55-60
- 10 孙兴国,刘建明,刘洪涛,等. 综合物探方法在好力宝铜矿床的应用[J]. 地球物理学进展,2007 ,22(6) : 1910-1915
Sun Xingguo ,Liu Jianming ,Liu Hongtao ,et al. The application of integrated geophysical prospecting method to the evaluation of Haoli-bao copper deposits [J]. Progress in Geophysics ,2007 ,22(6) : 1910-1915
- 11 王 桥,万汉平,王闻文,等. 综合物探方法在铝土矿勘查中的应用[J]. 地球物理学进展,2012 ,27(2) : 709-714
Wang Qiao ,Wan Hanping ,Wang Wenwen ,et al. The application of integrated geophysical exploration in bauxite [J]. Progress in Geophysics ,2012 ,27(2) : 709-714
- 12 白亚东,安白州,李宁生,等. 综合物探技术在宁夏六盘山盐类矿产勘查中的应用[J]. 物探与化探,2017 ,41(4) : 611-618
Bai Yadong ,An Baizhou ,Li Ningsheng ,et al. The application of integrated geophysical method to the exploration of salt minerals in Liupan mountain [J]. Geophysical & Geochemical Exploration , 2017 ,41(4) : 611-618
- 13 陈江军,刘 波,王鹏来,等. 综合物探方法在石膏矿采空区探测中的应用研究[J]. 地球物理学进展,2018 ,33(2) : 783-796
Chen Jiangjun ,Liu Bo ,Wang Penglai ,et al. Application research of integrated geophysical exploration techniques to gypsum mine gob [J]. Progress in Geophysics (in Chinese) ,2018 ,33(2) : 783-796
- 14 郑智杰,张 伟,曾 洁,等. 综合物探方法在碳质灰岩库区岩溶渗漏带调查中的应用研究[J]. 地球物理学进展,2017 ,32(5) : 2268-2273
Zheng Zhijie ,Zhang Wei ,Zen Jie ,et al. Application research of integrated geophysical methods to karst seepage investigation in carbonaceous limestone reservoir area [J]. Progress in Geophysics (in Chinese) ,2017 ,32(5) : 2268-2273
- 15 于泽新,龙 军,吕景增,等. 综合物探方法在辽西康杖子区找寻隐伏矿体中的应用[J]. 地质调查与研究,2009 ,32(2) : 154-160
Yu Zexin ,Long Jun ,Lu Jingzeng ,et al. Application of the comprehensive geophysical survey method in hunting hidden ore in Kang-zhangzi ,western Liaoning province [J]. Geological Survey and Research ,2009 ,32(2) : 154-160
- 16 周云满. 物探方法在滇东北地区寻找隐伏矿床的应用效果[J]. 地质与勘探,2006 ,42(3) : 81-85
Zhou Yunman. Application effects of geophysical prospecting method for hidden deposits in the northeastern Yunnan [J]. Geology and Prospecting ,2006 ,42(3) : 81-85

The Geophysical Characteristics and Prospecting Direction of the Yangla Copper Deposit Riverside Ore Section

LUO An-hua¹, LI Fu¹, LIU Hui-peng², LIU Bang-jun²

(Yunnan Institute of Water & Hydropower Engineering Investigation, Design and Research¹, Kunming 650021, China;
China Nonferrous Metals Industry Kunming survey design & Research Institute Co., Ltd.², Kunming 650051, China)

[Abstract] The physical properties of mine rock (ore) body was analyzed, EH4, IP sounding, high-precision magnetic survey and borehole IP in the riverside ore section was carried out, the anomalous characteristics of different geophysical methods was analyzed, the results of different geophysical methods are verified and complemented each other. Studying the comprehensive geophysical anomalies, inferred that the granite rock mass forms a nearly north-south ridge in the deep, arranged drilling ZKJ2-1 to verification the geophysical anomalies. ZKJ2-1 reveals one layer of skarn copper orebody and one layer of low-grade copper orebody at the presumed location of skarn belt. The ZKJ2-1 and borehole IP results was analyzed, it is proposed that the next prospecting direction is the rock mass depression zone east of ZKJ2-1, which could explore skarn copper orebody, and the west of ZKJ2-1, which could prospect lead-zinc deposit. Comprehensive geophysical prospecting has achieved good prospecting results in riverside ore section, and the method combination can be popularized and applied in similar deposits.

[Key words] Yangla copper deposit geophysical characteristics prospecting direction integrated geophysical prospecting